



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 195 33 050 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 195 33 050.1  
㉑ Anmeldetag: 7. 9. 95  
㉒ Offenlegungstag: 13. 3. 97

㉓ Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**H 01 F 17/04**  
H 01 F 19/00  
H 01 F 21/08  
H 01 F 1/28  
H 01 F 1/36  
// H03B 5/08

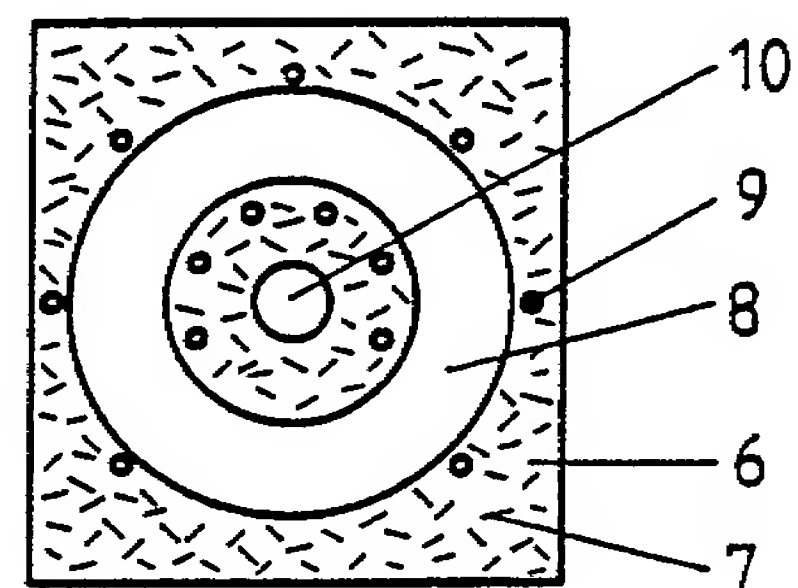
DE 195 33 050 A 1

㉔ Anmelder:  
Vacuumschmelze GmbH, 63450 Hanau, DE

㉕ Erfinder:  
Hundt, Harald, Dipl.-Ing., 64807 Dieburg, DE

㉖ Verfahren zur Herstellung eines induktiven Bauelementes mit abgleichbarer Induktivität

㉗ Das Verfahren zur Herstellung von Induktivitäten verwendet Massen aus Kunststoff oder Gießharz, die verfestigbar sind und die magnetisch leitfähige Partikel (7) enthalten. Die Induktivitäten können entweder mit Kernen (Ringbandkern 8) oder ohne einen solchen ausgeführt sein. Zum Abgleich der Induktivität bzw. zur Einstellung von anderen gewünschten Kenngrößen ohne Veränderung der Abmessungen des jeweiligen induktiven Bauelementes werden im weichen Zustand der Masse (6) die Partikel innerhalb der Masse durch ein Magnetfeld mehr oder weniger ausgerichtet und so die magnetische Leitfähigkeit des gesamten magnetischen Kreises verändert.



DE 195 33 050 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines induktiven Bauelementes entsprechend dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Für verschiedenste Aufgaben in der Elektrotechnik werden Spulen — meist mit einem weichmagnetischen Kern ausgestattet — als Induktivitäten eingesetzt. Bei bestimmten Anwendungen, wie z. B. in Filtern oder in Schwingkreisen werden sehr genau definierte Werte der Induktivität  $L$  der Spulen gefordert. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Spule gleichzeitig zum Frequenzabgleich eines Filters oder eines Schwingkreises dient. Eine genaue Einstellung der Induktivität bzw. anderer Kenngrößen einer Drossel oder eines induktiven Bauelementes mit mehreren Wicklungen erfordert — bedingt durch unvermeidliche Fertigungstoleranzen — eine Möglichkeit des Abgleichs, so daß durch Änderung bestimmter Abmessungen des magnetischen Kreises eine Anpassung bzw. ein Abgleich der Induktivität individuell für jedes einzelne induktive Bauelement erfolgen kann.

So ist beispielsweise in dem Buch "Magnetische Werkstoffe und ihre technische Anwendung" von Dr. Ing. K. Heck, 1975, Seite 431, Abschn. 2.7.6 "Ferrite" beschrieben, daß es verschiedene Möglichkeiten gibt, Spulenkern abgleichbar zu gestalten. Hierzu kann man wahlweise die magnetische Weglänge einer Spule, den magnetisch wirksamen Querschnitt oder den Luftspalt eines Magnetkreises verändern, vorausgesetzt, daß ein Kreis aus magnetisch hochpermeablem Material mit einem Luftspalt vorgesehen ist. Bei geschlossenen magnetischen Kreisen, wie dies z. B. bei Ringkernen der Fall ist, hat man zwar wegen der geringen magnetischen Streuung und der hohen erreichbaren Permeabilität deutliche Vorteile gegenüber anderen Kernformen, aber ein Abgleich ist erschwert. Wenn man derartige induktive Bauelemente mit Ringkernen für Anwendungen einsetzt, die eine besonders genaue Einstellung der Induktivität erfordern, so wird dies üblicherweise durch Anpassung der Windungszahl oder durch Vorsortierung und Gruppierung der Kerne durchgeführt.

Für den Fall, daß Ringkerne zur Funkentstörung eingesetzt werden und eine einstellbare Streuinduktivität besitzen sollen, ist es aus EP-B 057 832 bekannt, den Ringkern mit den aufgebrachten Spulen in eine Vergußmasse einzugießen, die magnetisch leitfähiges Pulver enthält. Hier erreicht man, daß abhängig von der Menge und der Anordnung der Vergußmasse mit dem magnetisch leitenden Pulver die Streuinduktivität variiert werden kann, die bei Funkentstördrosseln vor allem bei Auftreten von solchen Strömen erforderlich ist, die im Ringkern entgegengesetzte Flußrichtungen zur Folge haben.

Weiterhin ist es aus der DE-A 30 08 447 bekannt, induktive Bauelemente herzustellen, die entweder keinen Magnetkern enthalten oder deren Magnetkern keinen geschlossenen Kreis ergibt, indem man die Spulen mit dem eventuell vorhandenen Magnetkern in eine Masse mit magnetisch leitenden Partikeln einbettet. Als magnetisch leitende Partikel können Ferritteilchen, Flocken aus amorphem Metall und dünnen Streifen eines Bandes aus amorphem Metall verwendet werden. Die Kunststoffmatrix, in der die Partikel eingebettet sind, kann vorzugsweise aus Silikonen oder Epoxidkunststoffen bestehen. Zur Einstellung der Kenngrößen der Induktivität ist angegeben, daß eine Regulierung dadurch erfolgen kann, daß man für den zur Einkapselung die-

nenden Körper, der die magnetischen Teilchen enthält, eine geeignete Dicke wählt. Eine Abgleichmöglichkeit, um eine sehr genaue Einstellung der Induktivität vorzunehmen, ist damit jedoch nicht gegeben, da wiederum Fertigungstoleranzen nicht vermieden werden können.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es nun, ein Verfahren zur Herstellung eines induktiven Bauelementes anzugeben, bei dem — unabhängig von der Kernform und vom Vorhandensein eines Luftspaltes — unter Verwendung einer verfestigbaren Masse wie z. B. Kunststoff oder Gießharz mit eingelagerten Partikeln aus magnetisch leitfähigem Material eine einfache Möglichkeit zum individuellen Abgleich der Induktivität in bestimmten Bereichen anzugeben. Die Lösung besteht erfindungsgemäß in den im Kennzeichen des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmalen. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Nachstehend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Figuren erläutert:

**Fig. 1** zeigt die Anordnung der erfindungsgemäßen Masse vor und nach der Ausrichtung anhand eines E-Kernes;

**Fig. 2** das Gleiche bei Verwendung einer Induktivität mit Ringbandkern;

**Fig. 3** ist die Verwendung der Erfindung an einer Planarinduktivität, beispielsweise auf einer Chip-Platine, dargestellt;

**Fig. 4** zeigt die erfindungsgemäße Herstellung bei Verwendung einer Luftspule, die keinen Weicheisenkern besitzt.

In **Fig. 1** ist ein E-Kern, bestehend aus den Kernhälften 1 und 2, dargestellt, dessen Schenkel mit Wicklungen 3, 4 und 5 bewickelt sind. In dem Mittelschenkel der Kernhälften 1 und 2 ist ein Luftspalt angeordnet, der vergrößert in den **Fig. 1a** und **1b** dargestellt ist.

Hierbei zeigt **Fig. 1a** die im Bereich des Luftspaltes angebrachte Masse 6, die beispielsweise aus Kunststoff, härtbarem Harz, Silikonen, mineralisch gefüllten Harzen oder aus thixotroper Gießmasse besteht, wobei unter thixotropen Gießmassen solche verstanden werden, die beim Fließen dünnflüssig und im Ruhezustand dickflüssig sind. In der Masse 6 sind Partikel 7 aus magnetisch leitendem Material verteilt. Diese Partikel 7 sind in **Fig. 1a** in Stäbchenform dargestellt. Es können allerdings auch Pulver aus runden Partikeln verwendet werden, da magnetisch leitendes Material auch in Pulverform eine Vorzugsrichtung (magnetischer Dipol) besitzt. Der Ausrichtungseffekt ist aber größer, wenn es sich um längliche Partikel, wie beispielsweise Flocken oder Bandstücke aus amorphem, nanokristallinem oder nickelhaltigem weichmagnetischem Material, herstellt z. B. aus Bandstücken von zerkleinerten amorphen oder nanokristallinen Bändern oder Flocken handelt. Besonders vorteilhaft sind Partikel aus magnetostruktionsarmen Legierungen, wobei amorphe Metalle mit der kleinsten erreichbaren Magnetostruktion optimal sind.

Nach Anlegen eines Magnetfeldes, das beispielsweise durch einen Gleichstrom oder Impulsstrom in der Wicklung 4 aufgebracht werden kann, richten sich die magnetisch leitfähigen Partikel 7 mehr oder weniger aus. Der Zustand nach Anlegen des magnetischen Feldes ist in **Fig. 1b** dargestellt. Dabei ist es nicht erforderlich, daß eine vollständige Ausrichtung der Partikel durch das Magnetfeld erfolgt. Dargestellt ist die Anordnung nach einer maximalen Änderung der Induktivität durch das erfindungsgemäße Verfahren. Zum Abgleich wird ein Magnetfeld von zunächst kleinerer Stärke angelegt, um

eine leichte Ausrichtung der magnetisch leitfähigen Partikel zu erreichen. Hierbei verringert sich der magnetische Widerstand in dem Luftspalt und bewirkt damit eine Erhöhung der Induktivität der Gesamtanordnung, bestehend aus den Kernhälften 1 und 2 und den Wicklungen 3 bis 5. Sobald durch einmaliges oder mehrmaliges Anlegen von Feldern ein Ausrichtungsgrad innerhalb der magnetisch leitfähigen Partikel erreicht wird, der die gewünschte Induktivität des gesamten induktiven Bauelementes ergibt, wird die Masse 6 ausgehärtet. Dies geschieht beispielsweise durch Wärmeeinwirkung, durch einfaches Lagern oder mit besonderem Vorteil durch UV-Strahlung, da durch Einwirkung von UV-Strahlung bei manchen Massen eine sehr schnelle Aushärtung erfolgt. Hierdurch wird die Gefahr, daß sich die Teilchen vor der vollständigen Aushärtung aus ihrer Lage bewegen, vermindert. Bei Anwendung von thixotropen Gießmassen wird das Magnetfeld angelegt, während die Masse in den Luftspalt gebracht wird. Wenn die Masse dann zur Ruhe kommt, ist eine abhängig von der Größe des Magnetfeldes mehr oder weniger gute Ausrichtung der Partikel gegeben. Eine weitere Möglichkeit, nach Verfestigung der Masse eine Bewegung der Partikel zu minimieren, besteht in der Verwendung von Massen, die zusätzlich auch mineralische Partikel enthalten.

Fig. 2a zeigt eine Anordnung mit einem Ringkern 8 ohne Luftspalt, der eine Spule 9 als Bewicklung enthält. Die Masse 6 ist sowohl außen als auch innen und sowohl zwischen Ringbandkern 8 und Spule 9 als auch außerhalb der Spule angebracht. Auch hier sind die Partikel 7 innerhalb der Masse 6 zunächst vollständig ungeordnet. Nach Anlegen eines Magnetfeldes, das wahlweise durch Bestromung der Spule 9 oder auch durch einen Stromstoß in einem nicht dargestellten Leiter, der durch die Mittelöffnung 10 gesteckt sein kann, erfolgt, richten sich die Partikel 7 mehr oder weniger in Richtung der vom Magnetfeld vorgegebenen Feldlinien aus. Da in der Nachbarschaft des Ringbandkerns 8 ein starker Feldstärkegradient vorhanden ist, werden die Partikel auch vorzugsweise in die Nähe des Ringbandkerns wandern.

Da der Ringbandkern 8 ein sehr geringes Streufeld besitzt (kein Luftspalt), sind relativ hohe Ströme zur Ausrichtung der Partikel 7 in der Masse 6 erforderlich. Der Ringbandkern 8 muß zunächst gesättigt sein, um ein ausreichend großes Streufeld außerhalb zuzulassen. Vorzugsweise verwendet man deshalb einen Leiter mit starkem Querschnitt, der beispielsweise durch die Öffnung 10 gesteckt sein kann und verwendet außerdem Impulsströme, die keine zu große Erwärmung des induktiven Bauelementes zur Folge haben. In extremen Fällen läßt sich das induktive Bauelement auch durch Gas- und oder Flüssigkeitskühlung auf einer niedrigeren Temperatur halten, um während des Abgleichs mit Hilfe eines elektromagnetischen Feldes keine Überhitzung zu erleiden.

Fig. 3 zeigt in der Aufsicht eine Spule 11, die aus einer wendelförmigen Leiterbahn besteht und beispielsweise auf eine Platine 12, die zusätzlich noch eine elektronische Schaltung enthält, durch galvanisches Abscheiden bzw. anderweitig befestigt ist. Die Spule 11 kann dabei mit einer Isolierschicht versehen sein, um Isolationsprobleme zwischen den Windungen der Spule 11 und der Masse 6 mit den Partikeln 7 zu vermeiden. Fig. 3b zeigt einen Tropfen, bestehend aus der Masse 6 mit den Partikeln 7, der auf die Spule 11 aufgebracht ist. Auch hier sind die Partikel 7 wieder weitgehend ungeordnet, während in Fig. 3c die Anordnung nach Anlegen eines Ma-

gnetfeldes bei noch flüssiger bzw. pastöser Masse 6 dargestellt wird. Die Masse 6 wird auch hier nach dem Anlegen des Magnetfeldes und der Erzielung der gewünschten Induktivität der Anordnung ausgehärtet oder anderweitig verfestigt, so daß keine weitere Ausrichtung oder Desorientierung der Partikel 7 erfolgt.

Fig. 4 zeigt die Erfindung am Beispiel einer Luftspule. Hier genügt es, die Masse auf einem Teil der Windungen, beispielsweise durch Eintropfen, aufzubringen. Von der Luftspule ohne Kern sind einige Windungen 13 dargestellt. Die Masse ist wieder mit 6 und die darin enthaltenden Partikel sind mit 7 bezeichnet. Die sich nach der Behandlung mit einem Magnetfeld einstellende Induktivitätsänderung hängt dabei weniger von der Menge der mit Partikeln gefüllten Masse ab, die in den Bereich des Magnetfeldes der Spule gebracht werden, sondern ist maßgebend von dem angelegten Magnetfeld und der Dauer der Einwirkung des Magnetfeldes während der flüssigen oder pastösen Phase der Masse 6 vorgegeben. Für diese Anordnung kann man anstatt hochpermeabler niederpermeable Partikel 7 einsetzen, deren Permeabilität nur wenig höher als Luft ist. Man kann also ohne Einhaltung enger Toleranzen hinsichtlich der Abmessungen der Masse 6 mit den Partikeln 7 in ausreichend weiten Bereichen die Induktivität ändern und so gezielt den Induktivitätswert einstellen, der für den jeweiligen Anwendungszweck am besten geeignet ist.

Vor der Verfestigung der Masse ist es für den Fall, daß ein zu starkes Magnetfeld angelegt wurde oder dieses Magnetfeld zu lange eingewirkt hat, auch möglich, bereits geordnete Partikel wieder in eine mehr oder weniger große Unordnung zu bringen. Hierzu kann man entweder ein Wechselfeld anwenden oder ein Fremdfeld auf die Anordnung einwirken lassen, dessen Richtung beispielsweise senkrecht oder in einem anderen Winkel zu dem vorher einwirkenden Magnetfeld verläuft.

### Zusammenfassung

#### Verfahren zur Herstellung eines induktiven Bauelementes mit abgleichbarer Induktivität

Das Verfahren zur Herstellung von Induktivitäten verwendet Massen aus Kunststoff oder Gießharz, die verfestigbar sind und die magnetisch leitfähige Partikel (7) enthalten. Die Induktivitäten können entweder mit Kernen (Ringbandkern 8) oder ohne einen solchen ausgeführt sein. Zum Abgleich der Induktivität bzw. zur Einstellung von anderen gewünschten Kenngrößen ohne Veränderung der Abmessungen des jeweiligen induktiven Bauelementes werden im weichen Zustand der Masse (6) die Partikel innerhalb der Masse durch ein Magnetfeld mehr oder weniger ausgerichtet und so die magnetische Leitfähigkeit des gesamten magnetischen Kreises verändert.

(Fig. 2a + 2b).

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines induktiven Bauelementes mit mindestens einer Wicklung (3, 4, 5, 9), bei der im Bereich des durch die Wicklung erzeugten Magnetfeldes eine sich verfestigbare Masse angeordnet wird, die Partikel aus magnetisch leitfähigem Material enthält, dadurch gekennzeichnet, daß zur Feineinstellung der Induktivität oder anderer magnetischer Kenngrößen des induktiven Bau-



- elementes die Masse (6) vor der Verfestigung einem Magnetfeld zur mindestens teilweisen Ausrichtung der Partikel (7) in der Masse ausgesetzt und erst anschließend verfestigt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Magnetfeld zur mindestens teilweisen Ausrichtung der Partikel (7) in der Masse (6) durch Bestromung mindestens einer Wicklung (4) des induktiven Bauelementes erzeugt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung des Magnetfeldes zur Ausrichtung der Partikel (7) in der Masse (6) ein impulsförmiger Strom verwendet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das induktive Bauelement einen magnetisch leitfähigen Kern (1, 2) enthält und daß die sich verfestigbare Masse (6) mit den magnetisch leitfähigen Partikeln (7) nur an Teilen des den Fluß führenden Magnetkernes vorhanden ist.
5. Verfahren zur Herstellung eines induktiven Bauelementes nach Anspruch 1, mit mindestens einer Wicklung und einem einen Luftspalt aufweisenden weichmagnetischen Kern, dadurch gekennzeichnet, daß die sich verfestigbare Masse (6) mit den Partikeln (7) aus magnetisch leitfähigem Material vorwiegend im Bereich des Luftspaltes des weichmagnetischen Kerns angeordnet ist (Fig. 1a, Fig. 1b).
6. Verfahren zur Herstellung eines induktiven Bauelementes nach Anspruch 1 mit mindestens einer Wicklung und einem Ringkern (8) ohne Luftspalt, dadurch gekennzeichnet, daß die sich verfestigbare Masse (6) in der Nähe des Ringkerns (8) angeordnet ist und daß zur Erzeugung eines zur teilweisen Ausrichtung der Partikel in der Masse (6) ausreichenden Magnetfeldes ein so hoher Strom gewählt wird, daß der Ringkern (8) in Sättigung gerät.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß während der Magnetisierung das Bauelement gekühlt wird.
8. Verfahren zur Herstellung eines induktiven Bauelementes nach Anspruch 1, das zwei Wicklungen enthält, deren Magnetfelder im magnetischen Kreis entgegengesetzt gerichtet sein können, dadurch gekennzeichnet, daß die Masse (6) mit dem magnetisch leitfähigen Material (7) im Bereich des sich ausbildenden Streufeldes angeordnet ist und daß das zur Ausrichtung der Partikel dienende Magnetfeld zur Einstellung der Streuinduktivität herangezogen wird.
9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Feineinstellung der Induktivität von Luftspulen, die keinen magnetisch leitfähigen Kern aufweisen, eine sich verfestigbare Masse (6) mit niederpermeablen Partikeln (7) verwendet wird, deren Permeabilität nur wenig höher als Luft ist.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die verfestigbare Masse (6) zwischen die Windungen (13) der Luftspule eingebracht wird.
11. Verfahren nach den Ansprüchen 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß die verfestigbare Masse (6) gleichzeitig zur Fixierung der Luftspule in einem Gehäuse oder auf einer Platine dient.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß als verfestigbare Masse (6) ein flüssiges mit permeablen Partikeln (7) gefülltes Harz verwendet wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet,

- zeichnet, daß als magnetisch leitfähige Partikel (7) solche verwendet werden, die von der Kugelform abweichen.
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Partikel (7) aus Bruchstücken amorpher oder nanokristalliner Bänder bestehen.
15. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ausrichtung der Partikel (7) mehrmals ein Magnetfeld unterschiedlicher Größe angelegt wird, und daß durch dazwischenliegende Messungen die Induktivität bestimmt wird, um eine besonders genaue Einstellung der Induktivität zu erzielen.
16. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Masse (6) auf Induktivitäten aufgebracht wird, die zusammen mit einer elektronischen Schaltung bereits auf einer Platine (12) oder einem anderen Träger aufgebracht ist.
17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Leiterbahnen einer Spule (11), die auf eine Platine (12) bereits aufgebracht sind, mit einer isolierenden Beschichtung versehen werden, bevor die verfestigbare Masse (6) mit den Partikeln (7) aus magnetisch leitfähigem Material aufgebracht wird.
18. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als verfestigbare Masse (6) eine durch UV-Licht härtbare Masse verwendet wird.
19. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als verfestigbare Masse (6) ein Kunststoff verwendet wird, der außer den magnetisch leitfähigen Partikeln (7) mit mineralischen Partikeln gefüllt ist, um das eigenständige Verändern der Partikelausrichtung nach der Magnetfeldbehandlung und Verfestigung der Masse (6) weitgehend auszuschließen.
20. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Partikel aus magnetostruktionsarmen, amorphen oder nanokristallinen Legierungen bestehen.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

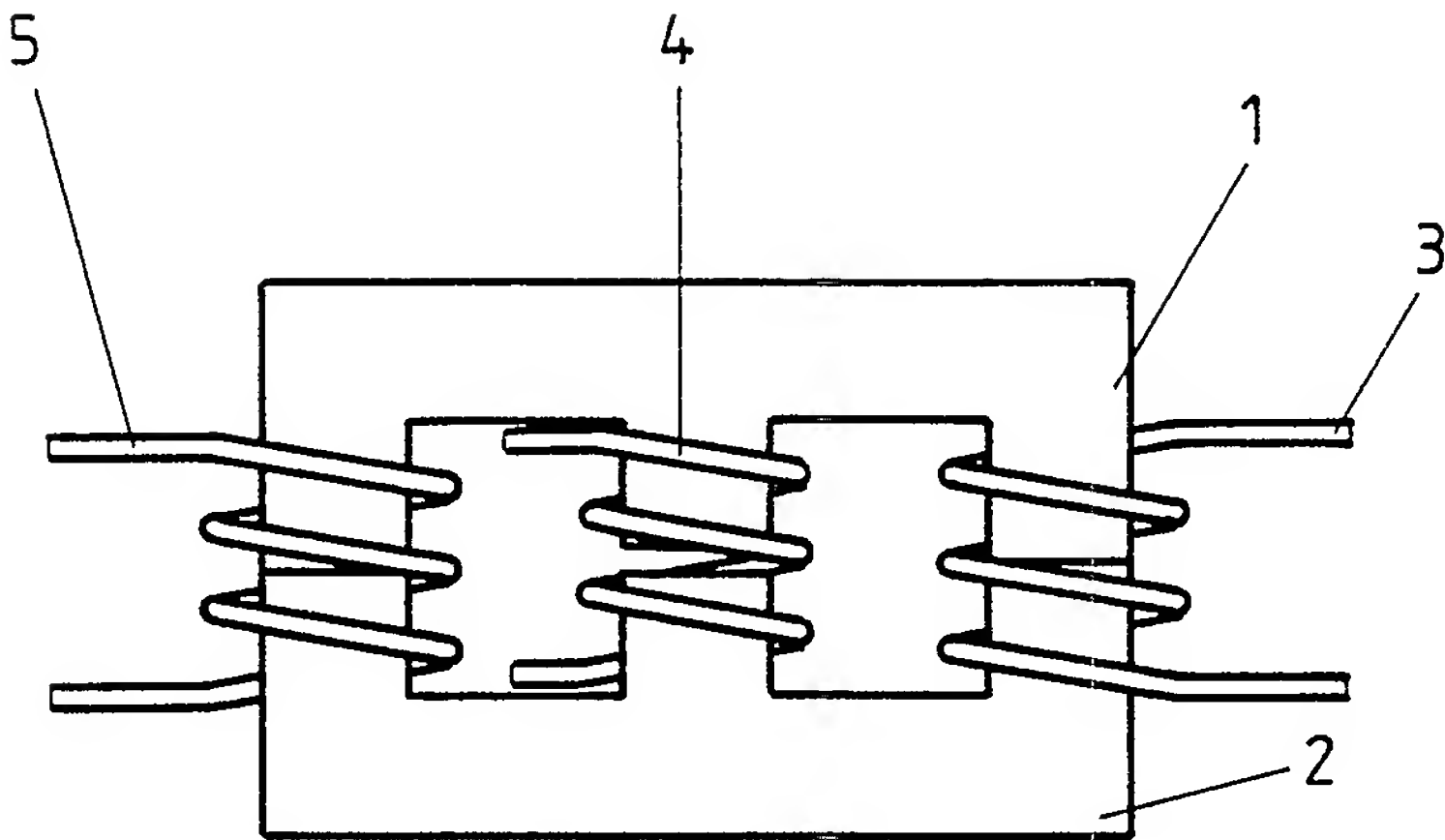


Fig.1

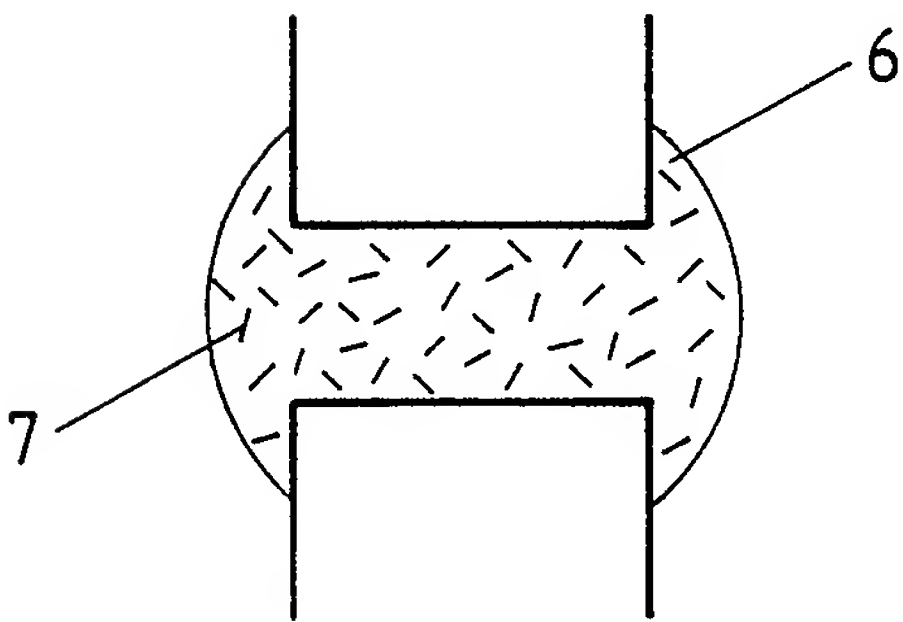


Fig.1a

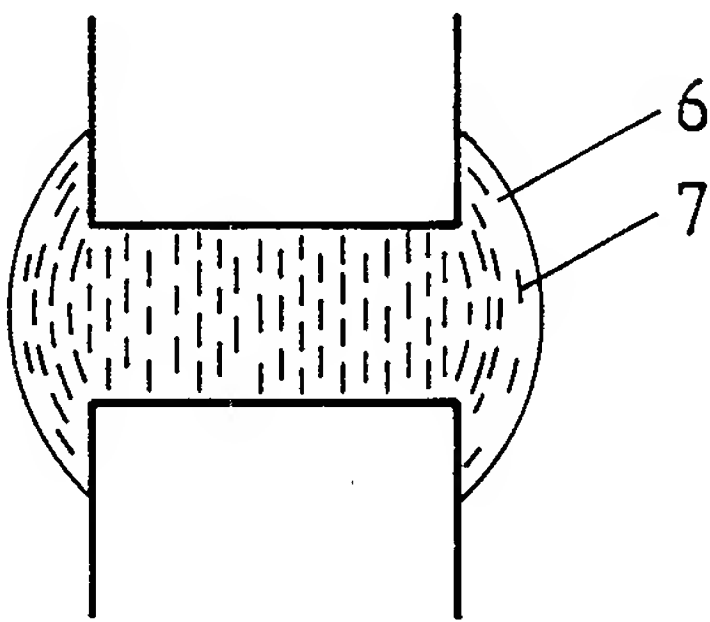


Fig.1b

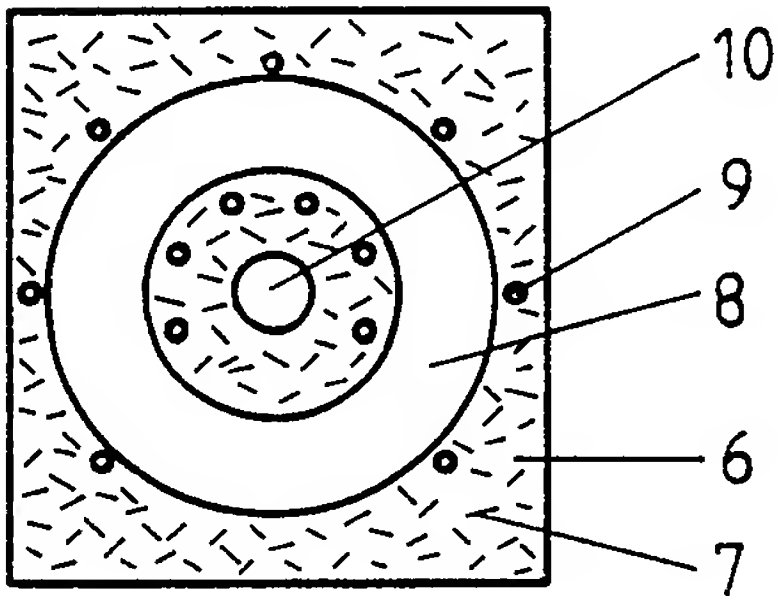


Fig.2a

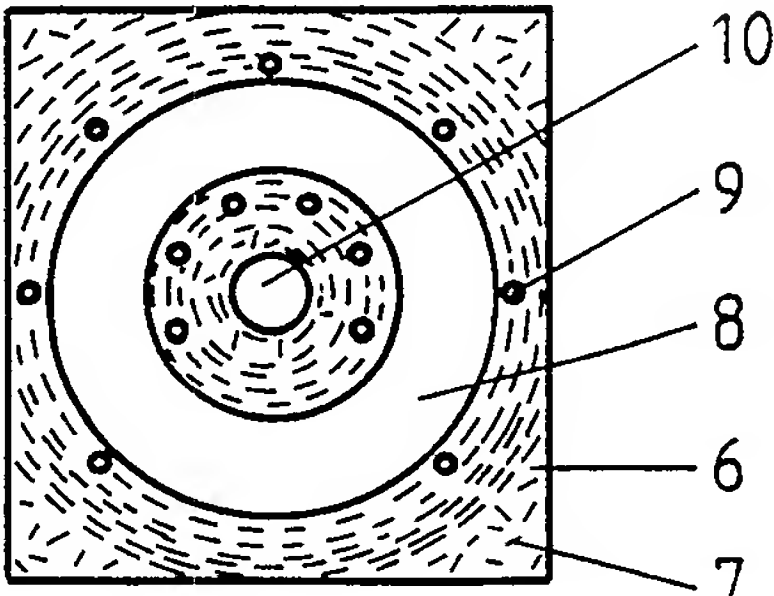


Fig.2b

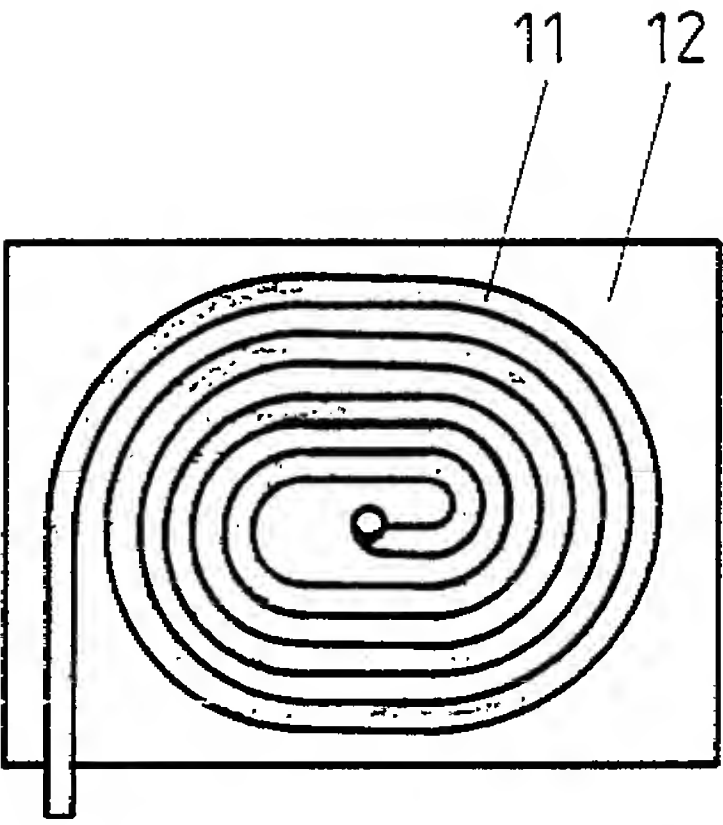


Fig. 3a

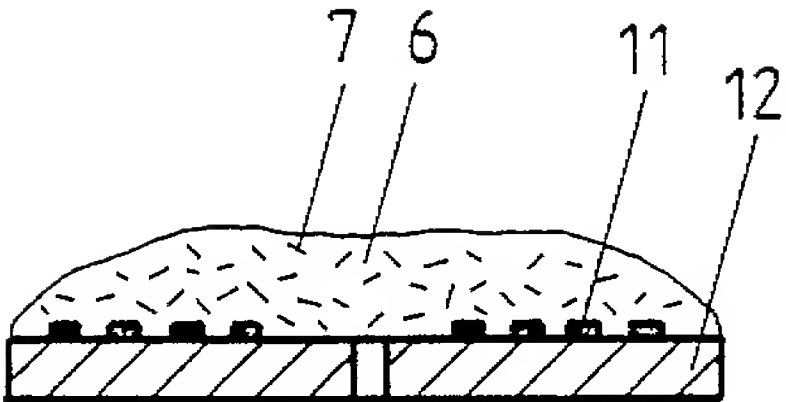


Fig. 3b

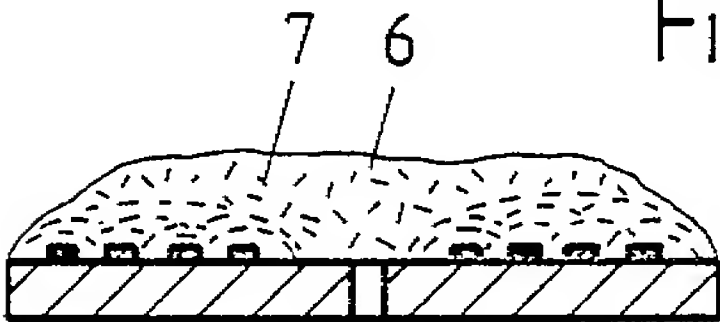


Fig. 3c

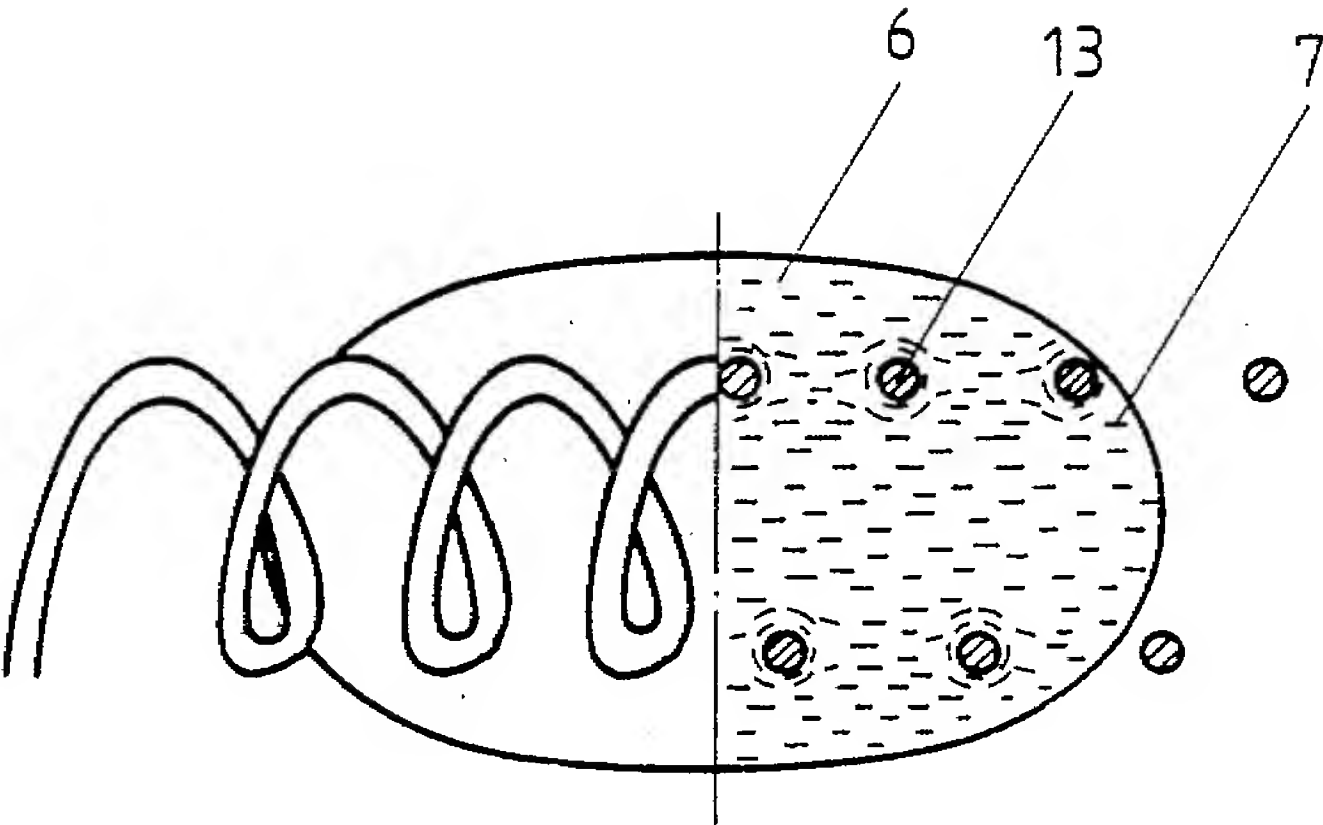


Fig. 4